This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google books

https://books.google.com

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Phys.
o.
121 a

Phys.
o.
121a

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

VORTRÄGE
des
Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien.
XXX. Jahrgang. — Heft 12.

Die Versuche von H. Hertz
über den
Zusammenhang von Licht und Elektricität.

Vortrag, gehalten den 19. Februar 1890
von

Dr. Ernst Lecher.

Mit fünf Abbildungen im Texte.

Wien, 1890.
Commissionsverlag von Ed. Hölzel.
Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Digitized by Google

Digitized by Google

Im Laufe der letzten zwei Jahre haben eine Reihe von Versuchen eines deutschen Physikers, H. Hertz, derzeit Professor in Bonn, großes und berechtigtes Aufsehen erregt. Diese Arbeiten sind einerseits sehr umfangreich, andererseits auch nur dem Fachmanne zugänglich, so dass es ganz ausgeschlossen erscheint, dieselben hier voll zu würdigen und in ihrer Gesammtheit zu behandeln. Ich will daher in dieser geehrten Versammlung einen nur kleinen, aber gewiss nicht den unwichtigsten Theil der Hertz'schen Arbeiten zur Sprache bringen: jene Versuche nämlich, durch welche Hertz den schon von Maxwell theoretisch geahnten Zusammenhang von Licht und Elektricität experimentell zu klären sucht. Es ist selbstverständlich, dass ich Ihnen von der Maxwell'schen Lichttheorie und von den diesbezüglichen Arbeiten von Hertz nur eine in den rohesten Contouren gehaltene Skizze vorführen und nur einen einzigen Hauptpunkt, der allerdings der wichtigste sein dürfte, eingehender zu erklären versuchen werde.

Wenn wir von einem Zusammenhange zwischen Licht und Elektricität sprechen, so denken wir dabei

Digitized by Google

selbstredend nicht an jene Erscheinungen, bei welchen, wie beim elektrischen Funken oder bei der elektrischen Beleuchtung, einfach die elektrische Energie, die elektrische Arbeitskraft, verschwindet und dafür Wärme oder Licht zum Vorschein kommt; wir meinen vielmehr den tiefer liegenden Zusammenhang von dem, was wir unter dem Wesen des Lichtes, und von dem, was wir unter dem Wesen der Elektricität verstehen.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte sind unserer Wissenschaft eine große Anzahl von bedeutsamen Vereinfachungen gelungen: die Wärme wurde dargestellt als eine Art der Bewegung, Gleichheit von statischer und galvanischer Elektricität bewiesen, und gezeigt, dass die Wirkungen eines Stromes und eines Magneten nach außen hin dieselben sind. Und nun scheint man auf dem besten Wege, das Licht als Anfangs- oder Schlusscapitel der Elektricitätslehre unterzuordnen. In den Sechzigerjahren veröffentlichte der Engländer Maxwell eine Reihe von Arbeiten, welche in mathematischer Weise die vom großen Experimentator Faraday in die Elektricitätslehre eingeführten Ideen zu erweitern und zu verallgemeinern suchten. Es gelang Maxwell, eine Gattung von elektrischen Erscheinungen zu definieren, welche ganz und gar geeignet waren, die oft sehr schwer verständlichen Lichtwellen der Optiker zu ersetzen. Wir alle wissen, dass ein Lichtstrahl, der den luftleeren und von gewöhnlicher Materie vollständig freien Raum durchfliegt, in einer raschen Wellenbewegung eines unbekannten Etwas

Digitized by Google

besteht, welches man Äther getauft hat. Damit dieser Äther Wellen, wie die des Lichtes, gestatte, mussten ihm die Optiker Eigenschaften eines festen Körpers geben, während andererseits durch eben denselben Äther die Planeten ganz widerstandslos hindurch kommen. Über diesen Widerspruch nun gelingt es mit Hilfe der Maxwell'schen Lichttheorie hinwegzukommen. Maxwell sieht die Wirkung der elektrischen und magnetischen Kräfte, die ja auch im luftleeren Raume statthaben, an irgend ein unbekanntes Etwas gebunden, und die Idee ist naheliegend, denselben Äther, den bereits der Optiker braucht, auch zum Träger der elektrischen Erscheinungen zu machen.[1]) Maxwell zeigte, dass, wenn in irgend einem Leiter ein elektrischer Strom sehr rasch hin und her schwankt, sich im Raume eine Art von magnetischer Wellenbewegung herstellen müsse, welche genau alle Eigenschaften einer Lichtwelle besitzt, welche — neben vielen anderem, auf das ich heute nicht eingehen kann — auch mit der Geschwindigkeit des Lichtes,

---

[1]) Dazu kam noch eine weitere ganz merkwürdige Übereinstimmung. Da ja, wie wir bereits erwähnt, elektrische und magnetische Wirkungen die nämlichen sind, so kann man alle die einschlägigen Grössen entweder mit Hilfe eines elektrischen oder eines magnetischen Grundmasses messen, und die Zahlenwerte, zu welchen man auf diesem oder jenem Wege gelangt, unterscheiden sich durch einen bestimmten Factor, welcher Factor genau den Grössenwert der Lichtgeschwindigkeit hat.

Digitized by Google

d. i. 300.000 *km* per Secunde, sich fortpflanzen müsse. Es wäre dann eine derartige elektrische Welle identisch mit einer optischen.

Hertz glaubt nun, dass es ihm gelungen sei, den experimentellen Beweis, der ja nach dem Vorausgehenden von kolossaler Tragweite wäre, dafür erbracht zu haben, dass eine elektro-magnetische Störung mit Lichtgeschwindigkeit im luftleeren Raume sich fortpflanze. Da dieser Theil der Hertz'schen Arbeit allgemein und auch von ihm selbst in seiner schönen Heidelberger Rede als der bedeutendste hingestellt wird, so wollen wir uns heute ausschließlich mit ihm beschäftigen und uns nun die bestimmten Fragen vorlegen:

1. Wie erzeugt Hertz eine solche elektro-magnetische Welle?

2. Wie misst er ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit?

Jetzt müssen Sie mir leider gestatten, einige Begriffe aus dem Gebiete der Wellenlehre in Ihrer Erinnerung aus vergangenen Schultagen wieder aufzufrischen. Wenn Sie einen langen Draht gespannt haben, denken wir uns z. B. einen jener Drähte, mit welchem die Anlagen in unserem Stadtparke umfriedet sind, und Sie schlagen mit einem Stocke rasch auf denselben, so merken Sie, dass diese Erschütterung, die Sie dem Draht durch das Anklopfen geben, sich mit einer gewissen Geschwindigkeit längs dem Drahte fortpflanzt. Genau dasselbe — diesmal aber pheripherisch

Digitized by Google

nach allen Seiten hin — tritt auch ein, wenn Sie einen Stein in ein Wasser werfen; die Wellen breiten sich in der bekannten Weise kreisförmig nach allen Seiten aus. Man nennt dann Geschwindigkeit der betreffenden Welle jene Geschwindigkeit, mit der dieselbe sich längs dem Drahte bewegt oder auf der Wasseroberfläche sich ausbreitet (unter Geschwindigkeit den in einer Secunde zurückgelegten Weg verstanden). Es ist klar, dass ich mehrere solcher Erschütterungen hintereinander aussenden kann. Würde ich z. B. den Anfang unseres Drahtes mit einer schwingenden Feder in Verbindung bringen, so ist sicher, dass jede Hin- und Herbewegung des Drahtendes sich mit derselben Geschwindigkeit wie früher fortpflanzt, und dass wir eine Reihe von in gleichen Entfernungen hintereinander hereilenden Wellenbergen zu sehen bekommen werden; der Draht wird dann so aussehen wie da die Linie schwarzer Knöpfe in diesem kleinen Modelle. Sie sehen hier eine Reihe von gleichmäßig durch Thäler getrennten Bergen und dieselben eilen mit einer gewissen Geschwindigkeit von links nach rechts. Fast könnte man glauben, wenn man so oberflächlich hinsieht, als nehme der Wellenberg wirklich an dieser Wanderung theil. Ich will nun einmal, ohne die Bewegung zu sistieren, die eine Kugel roth machen, und Sie sehen, dass diese rothe Kugel hinauf und hinunter geht, dass daher die fortschreitende Bewegung eine nur scheinbare ist. Während diese rothe Kugel einmal hinauf und hinunter geht,

Digitized by Google

während eben dieser Zeit ist die scheinbare Bewegung des Wellenberges nach rechts weiter gegangen. Die rothe Kugel ist jetzt wieder genau an der alten Stelle; die Zeit, die sie dazu gebraucht hat, um einmal auf- und abzugehen, um eine Schwingung zu vollenden, nennt man die Schwingungsdauer. Während dieser Zeit ist der Wellenberg so weit nach rechts gegangen, dass er dann genau an Stelle des zweiten Wellenberges steht; das Gesammtbild ist ja nach Schluss dieser Zeit genau das gleiche wie am Anfange. Den Abstand zweier Wellenberge von einander nennt man die Wellenlänge, und Sie sehen nun, dass wir unsere eben gemachte Beobachtung so aussprechen können: während einer Schwingungsdauer rückt die Wellenbewegung um eine Wellenlänge — scheinbar — weiter. Wenn ich bei einer Bewegung den Weg kenne und die Zeit, die dabei verbraucht wird, so lässt sich die Geschwindigkeit, d. h. der in einer einzelnen Secunde zurückgelegte Weg leicht berechnen. Wenn der Schall z. B. zur Zurücklegung von 1000 *m* drei Secunden beansprucht, so theile ich den Weg durch die Zeit und weiß nun, dass 1000 *m* : 3 der in einer Secunde zurückgelegte Weg oder die Geschwindigkeit des Schalles ist. Bei unserer Wellenbewegung war der Weg gleich der Wellenlänge und die dazu gebrauchte Zeit gleich der Schwingungsdauer. Wenn ich daher die Wellenlänge dividiere durch die Schwingungsdauer, erhalte ich die Geschwindigkeit, mit der die betreffende Wellenbewegung fortschreitet. Sie werden jetzt auch leicht ver-

Digitized by Google

stehen, dass ich die Geschwindigkeit einer Wellenbewegung kenne, wenn ich die Schwingungsdauer und die Wellenlänge kenne. Diese Methode, Geschwindigkeiten von Wellenbewegungen zu bestimmen, war in der Akustik vielfach angewendet, und zwar bediente man sich dabei sogenannter stehender Wellen. Ich habe hier einen einige Meter langen Kautschukstreifen (Fig. 1). Das eine Ende ist an der Wand befestigt, das andere halte ich in der Hand. Wenn ich nun an dem einen Ende darauf schlage, schreitet die Erschütterung

Fig. 1.

bis zur Wand fort und läuft von dort wieder zurück: sie wird reflectiert. Unter gewissen Umständen nun geschieht es, dass die einzelnen gegen die Wand rückenden Wellen und jene, welche von der Wand zurückkommen, sich in einer solchen Weise vereinigen, dass jene Erscheinung resultiert, welche man stehende Welle nennt. Sie sehen diese Erscheinung jetzt hier an dem Kautschukstreifen. Die Wellen, die ich mit meiner Hand errege, scheinen stille zu stehen; der Wellenberg verwandelt sich in ein Wellenthal, der Streifen an dieser Stelle geht auf und nieder, ohne dass man von jenem scheinbaren Vorrücken, wie wir es früher beobachtet, irgend etwas wahrnimmt. Ich

Digitized by Google

schwinge den Kautschukstreifen so, dass ein, zwei (wie in der Fig. 1), drei und jetzt vier Wellenberge neben einander auf und ab schwanken. Zwischen zwei solchen Bergen ist ein Knotenpunkt der Bewegung, wo der Streifen vollständig in Ruhe bleibt, und Sie sehen, wenn mein Gehilfe jetzt diesen Knotenpunkt berührt, stört er die schwingende Bewegung des Ganzen nicht im Geringsten.

Unsere Kenntnisse sind nun so weit, dass wir uns mit dem Begriffe einer elektrischen Schwingung, der sogenannten elektrischen Oscillation — natürlich auch wieder in leider nur oberflächlicher Weise — beschäftigen können. Es ist dies eines der interessantesten, wenn auch bisher etwas vernachlässigten Capitel der Elektricitätslehre, und es war das Studium derartiger Erscheinungen, mit welchen Hertz seine Epoche machenden Entdeckungen inaugurierte.

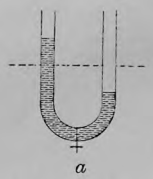

Fig. 2.

Versuchen wir es zunächst mit einer Analogie. Denken Sie sich (Fig. 2) ein communicierendes Gefäß. In beiden Schenkeln ist Wasser; dasselbe steht in einem Schenkel viel höher, so lange der Hahn bei *a* geschlossen ist. Mache ich den Hahn plötzlich auf, so wird sich die Niveaudifferenz ausgleichen. Dies wird aber — wie ein Versuch zeigt — erst nach einer Reihe von Schwankungen eintreten. Es werden die beiden Wassersäulen eine Zeitlang um die Gleichgewichts-

Digitized by Google

lage auf und ab oscillieren und erst allmählich zur Ruhe kommen. Ebenso wird eine Wasseroberfläche, welche aus irgend einer Ursache hin und her schwankt, nicht plötzlich glatt werden, sondern nur nach und nach sich ebnen.

Ganz ähnliches geschieht, wenn wir eine positiv und eine negativ elektrisch geladene Kugel einander gegenüberstellen und mittels eines Drahtes verbinden. Die Elektricitäten gleichen sich dann, wie Sie ja alle wissen, aus. Es geschieht dies aber in ganz derselben Weise, wie sich vorher die Höhendifferenzen des Wassers im communicierenden Gefäße ausgeglichen haben. Fast schiene es — es ist dies aus anderen Gründen sehr unwahrscheinlich — als wenn die Elektricität Trägheit hätte. Wenn der Überfluss an Elektricität auf der einen Kugel einmal ins Abfließen kommt, so fließt zu viel auf die andere Kugel über; dieses Zuviel strömt dann wieder auf die erste Kugel zurück, und zwar abermals zu viel, und dieser Vorgang wiederholt sich in rasch abnehmendem Maße einigemale. Auch wenn ich die beiden Kugeln so weit einander genähert hätte, dass ein Funke zwischen denselben überspringt, so würde in diesem Funken, der unserem Auge als einziger glänzender Lichtblitz erscheint, die Elektricität gleichfalls sehr rasch hin und her zucken und erst nach einiger Zeit würde ein vollständiger Ausgleich eingetreten sein. Man nennt einen solchen Vorgang eine elektrische Oscillation. Der Engländer Thomson hat schon vor langer Zeit das mathematische

Digitized by Google

Gesetz solcher Schwankungen berechnet, und es war auch möglich, experimentell die Richtigkeit seiner Formeln zu prüfen bis hinauf zu Schwingungen, welche 100.000mal in der Secunde stattfinden. Durch entsprechende Reduction der Apparate kann man die Schwingungen noch rascher machen, aber es ist dann unmöglich, dieselben zu zählen. Die Art und Weise, wie Hertz zur Erregung solcher Schwingungen vorgeht, zeigt der Apparat Fig. 3. Zwei Stanniolplatten *a b* stehen in einem Meter Entfernung einander gegenüber und sind mittels eines Drahtes verbunden. Der Draht ist in der Mitte getheilt. Lassen wir nun an der Unterbrechungsstelle des Drahtes einen kräftigen Funken überspringen, so besteht dieser Funke aus einer Reihe von Oscillationen. Die beiden Stanniolplatten laden sich abwechselnd positiv und negativ, und die Schwingungsdauer beträgt — unter der Voraussetzung, dass die Thomson'sche Formel auch hier noch Giltigkeit hat — etwa 10,000.000 per Secunde, d. h. wenn diese Oscillationen, deren nur einige wenige während des Überspringens des Funkens stattfinden, in gleicher Schnelligkeit eine ganze Secunde lang dauerten, so würden ihrer 10,000.000—100,000:000 auf eine Secunde kommen. Es ist daher auch im Momente des Funkensprühens die Erschütterung im Drahte eine ganz kolossale. Ich stelle nun den beiden Stanniolplatten *a* und *b* zwei andere *a'* und *b'* gegenüber

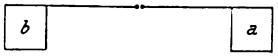

Fig. 3.

Digitized by Google

(Fig. 4), und von diesen Platten werden zwei parallele Drähte bis auf eine Entfernung von circa 5 *m* gezogen. (In der Figur verhältnismäßig kürzer gezeichnet.) — Wenn nun die Platte *a* abwechselnd positiv und negativ geladen wird, so wird die gegenüberstehende Platte *a'* ebenso oft influenziert. Genau der umgekehrte Vorgang findet in den beiden anderen Platten *b* und *b'*

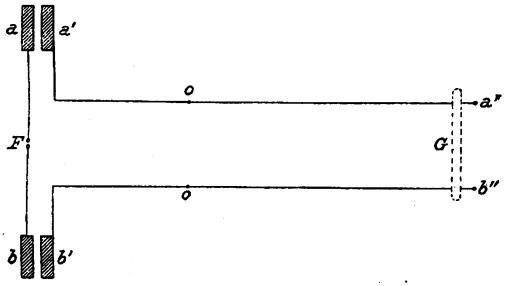

Fig. 4.

statt. Es wird daher aus dem langen Draht die Elektricität gegen die Platte *a'* gezogen und von der Platte *b'* in den zweiten langen Draht hineingedrückt, und dieser Zug und Druck wechselt nach $^1/_{10,0000\cdot000}$ Secunde seine Richtung. Wir haben somit an dem einen Ende der Drähte eine elektrische Kraft, welche in sehr rascher Weise die Elektricität in die Drähte hineindrückt und wieder herauszieht. Die Schwingungsdauer dieses Drückens und Ziehens kennen wir. Wenn es uns nun gelingt, im Drahte eine stehende Schwin-

Digitized by Google

gung mit einem Knotenpunkte aufzufinden, so haben wir auch die Wellenlänge bestimmt und können nach dem eingangs Gesagten die Geschwindigkeit berechnen, mit welcher die elektrische Erschütterung im Drahte sich fortpflanzt.

Ich habe in der Hilfszeichnung Fig. 4a die beiden Drähte parallel nebeneinander gezeichnet; a' und b' seien die Anfänge und a'' und b'' die Enden. Fassen

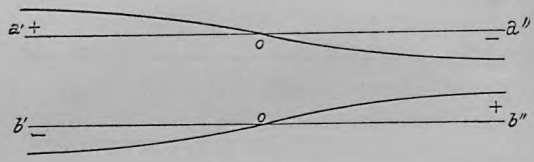

Fig. 4a.

wir nun einen gewissen Moment der Erscheinung ins Auge; nehmen wir an, wir könnten der elektrischen Bewegung plötzlich „Halt“ zurufen: so werden wir finden, dass in a' positive, in a'' negative Elektricität sitzt, während umgekehrt b' negativ, b'' positiv elektrisch ist. In der Mitte der Drähte haben wir weder positive, noch negative Elektricität. Nach der Zeit einer halben Schwingungsdauer ist alles umgekehrt; aber die Mitte der Drähte wird wieder unelektrisch sein. Es ist genau so wie früher bei unserem Kautschukstreifen, und in Fig. 4a stellt die gekrümmte Linie die Analogie mit dem Kautschukstreifen vor. Die beiden Enden der

Digitized by Google

Drähte schwanken entgegengesetzt elektrisch hin und her, die Mitte ist ruhig; und ebenso wie mein Assistent früher die Mitte des Kautschukstreifens angreifen konnte, so kann ich mittels eines Metallstreifens die entsprechenden Punkte der beiden Drähte überbrücken, ohne dass die elektrische Erscheinung gestört wird. Ich lasse nun in unserer Vorrichtung in F einen Funken überspringen. In die Nähe der beiden Enden a'' und b'' lege ich über die Drähte eine ausgepumpte Glasröhre G. Die elektrische Kraft dringt durch die Isolierung des Glases in den luftleeren Raum hinein und bringt denselben zum Leuchten. Wenn ich nun mit dem vorerwähnten Metallstreifen die Drähte an irgend einer Stelle verbinde, so hört das Leuchten auf: die elektrische Erscheinung ist gestört. Ich fahre jetzt mit diesem Streifen längs der Drähte hin und her bis zu einer gewissen Stelle o, und Sie sehen, die Röhre leuchtet hell auf: es sind also hier bei o Knotenpunkte, durch deren Berührung — wie vorhin gezeigt — die Erscheinung nicht gestört wird. Ich kürze jetzt beide Drähte gleichmäßig, indem ich vom Ende etwas abschneide, und Sie sehen, die Knotenpunkte verschieben sich in der Richtung gegen F hin, und durch Messung ergibt sich, dass die Länge der Verschiebung der Knotenpunkte gleich ist der halben Länge der abgezwickten Drahtstücke. Dieses schöne Experiment ist eigentlich etwas complicierter, als ich es Ihnen hier angebe, aber im großen Ganzen möge es als experimentelle Illustration dienen, wie man elektrische

Digitized by Google

Wellenlänge in einem Draht zeigen und messen kann.[1]) Die Art und Weise, wie Hertz dies gethan, ist derart, dass ich sie wohl einem Einzelnen, unmöglich aber einem größeren Auditorium sichtbar machen könnte.

Die Geschwindigkeit der Wellenfortpflanzung ist gleich der Wellenlänge dividiert durch die Schwingungsdauer, und würden wir die entsprechende Berechnung hier vornehmen, so kämen wir auf eine Größe, welche ungefähr — wenn wir auch noch den störenden Einfluss der Glasröhre und der umliegenden Gegenstände entfernen könnten — gleich ist der Lichtgeschwindigkeit.

Ich will nun die Platte a' und b' und die langen Drähte wegnehmen. Es bleibt nur mehr das stehen, was in Fig. 3 gezeichnet ist. Ich bringe meine ausgepumpte Röhre direct in die Nähe der Stanniolplatten oder in die Nähe des Funkens, und Sie sehen, mit welch brillantem Lichte dieselbe leuchtet. Ich bin

---

[1]) Obige Erklärung entspricht nicht vollständig dem Wesen des Experimentes. Ich möchte dieselbe als eine Art provisorische Erklärung bezeichnen. Wir haben bei den angegebenen Dimensionen in den Punkten o allerdings thatsächlich Knotenpunkte. Wenn ich aber die beiden Punkte o durch einen Draht verbinde, so entsteht zunächst eine Schwingung, welche, vom Funken ausgehend, über a und a', die beiden Punkte o und weiter über b' und b nach dem Funken zurückkehrt. Ich habe somit die primäre Schwingung vergrössert. Die zweite Schwingung geht von a'' über o bis b'', und eine nähere Besprechung derselben gehörte eigentlich in das Capitel der sogenannten elektrischen Resonanz.

Digitized by Google

jetzt in einer Entfernung von gut einem Meter von dem Funken. Die Röhre, die ich hier in der Hand habe, enthält keinerlei Metall und ist auch nicht mit den geladenen elektrischen Platten des Apparates verbunden; ich halte sie ganz frei in der Luft und doch leuchtet sie mit brillantem Lichte. Die raschen elektrischen Schwingungen pflanzen sich also durch die Luft fort. Wenn ich statt der Röhre diesen Drahtreif nehme, der an einer Stelle durchschnitten ist, so springen kleine Fünkchen an der Unterbrechungsstelle über. Ich gehe jetzt zurück bis auf eine Entfernung von circa 5 *m* und noch immer kann ich diese Fünkchen sehen. Hertz hat mit einem solchen Drahtreif den ganzen Raum um einen schwingenden Leiter untersucht und so die Gesetze gefunden, nach welchen sich solche Schwingungen fortpflanzen. Es wird im Äther eine elektrische Wellenbewegung erzeugt, und wenn man der erregenden oder primären Schwingung eine feste leitende Wand in mehreren Metern Entfernung gegenüberstellt, so wird die Wellenbewegung an dieser leitenden Wand reflectiert, genau so wie das Licht, und ganz ähnlich so wie die Schwingungen unseres Kautschukstreifens im Aufhängepunkte zu meiner erregenden Hand zurückgeworfen wurden. Wie es möglich war, im Kautschukstreifen einen Knotenpunkt oder eine Stelle zu finden, wo derselbe bewegungslos war, so hat Hertz auch mit seinem Drahtreif in verschiedenen Entfernungen von der Wand solche Knotenpunkte, wo keine elektrische Bewegung im Äther herrscht, dadurch

Digitized by Google

bestimmt, dass an diesen Stellen in seinem Drahtreif keine Funken übersprangen. Auf diese Weise kann man die Länge der elektrischen Wellen messen, die Schwingungsdauer der erzeugenden elektrischen Oscillation, vorausgesetzt, dass die Thomson'schen Formeln noch Giltigkeit haben, berechnen und hat dann durch einfache Division die Geschwindigkeit, mit der sich eine elektrische Welle im Äther fortpflanzt, und dieselbe beträgt — wenn die Annahmen von Hertz in seinen Messungen richtig sind — 300.000 *km* per Secunde, das ist genau die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes.

Es ist ohne Zweifel dieser Theil der Hertz'schen Arbeiten, nämlich der experimentelle Nachweis, dass eine elektrische Schwingung, welche im Äther erzeugt wird, sich mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt, der wichtigste; es ist aber auch kein Zweifel, dass noch mancher Einwand zu besiegen sein wird, bevor diese Thatsache als feststehende und absolut gesicherte Wahrheit wird ausgesprochen werden dürfen. Das eine ist jedoch stets vor Augen zu halten, dass man noch vor wenigen Jahren nicht an die Möglichkeit gedacht hätte, einer solchen riesigen Geschwindigkeit unter so schwierigen Verhältnissen, wie sie bei elektrischen Erscheinungen vorkommen, experimentell an den Leib zu rücken.

Es ist dies die Ausführung eines Theiles der Maxwell'schen Lichttheorie. Solche elektrische Wellen müssen aber auch sonst sich wie Lichtwellen verhalten, und dass dem so sein könne, hat Maxwell theoretisch

Digitized by Google

gezeigt. Es muss die Geschwindigkeit einer solchen elektrischen Welle in Glas oder in Harz eine andere sein als in der Luft, und dies experimentell nachzuweisen, ist Hertz ebenfalls gelungen. Am bekanntesten in Laienkreisen ist sein Versuch mit dem parabolischen Spiegel, und da ich weiß, dass einige von meinen geehrten Zuhörern eigens hergekommen sind, um diesen Versuch zu sehen, so will ich denselben noch zeigen, wiewohl er nichts weniger als für einen größeren Kreis von Zusehern geeignet ist.

Sie sehen hier diese riesigen Blechmassen und das Resultat ist ein winziges, aus einer Entfernung von höchstens 5 *m* noch sichtbares Fünkchen. Die Theile, welche die primäre Schwingung erzeugen, sind hier noch viel kleiner als früher, die Schwingungen daher noch rascher. Sie betragen über 100,000.000 per Secunde. Während in den früheren Versuchen die Schwingungen horizontal vor sich giengen, stehen sie hier vertical, und zwar genau in der Brennlinie eines parabolischen Hohlspiegels. Sie wissen, dass, wenn man Licht in die Brennlinie eines solchen Hohlspiegels bringt, die Strahlen durch den Spiegel parallel reflectiert werden, daher auf große Distanzen ihre Stärke beibehalten. Genau dasselbe geschieht hier mit den elektrischen Schwingungen. Ich stelle dem ersten Spiegel auf 4 *m* Entfernung einen zweiten gegenüber, und die elektrischen Schwingungen werden nun in der Brennlinie des zweiten Spiegels concentriert. In dieser Brennlinie ist ein Draht gespannt und in demselben

Digitized by Google

zucken, sobald im primären Leiter die Schwingungen vor sich gehen, gleichfalls sehr rasch elektrische Oscillationen auf und ab. Der Draht ist in der Mitte durchschnitten und durch den Spiegel geführt, und die Enden desselben hinter dem Spiegel bis auf eine Entfernung von etwa $^1/_{10}$ *mm* einander genähert. Ich sehe nun zwischen den Drahtenden ein Fünkchen aufblitzen; dieses Fünkchen wird auch für die zunächst Sitzenden sichtbar, wenn ich es zwischen einer Kupferspitze und einer Quecksilberkuppe überspringen lasse. Leider ist es mir aber trotz zahlreicher Bemühungen nicht gelungen, es irgendwie heller zu machen. Wenn ich die Luft um das Fünkchen, so wie es jetzt — scheinbar wenigstens — ziemlich kräftig zwischen der Kupferspitze und dem Quecksilber überspringt, entferne, so ändert es seine Helligkeit absolut nicht. Es ist dies eine Erscheinung, die mich in großes Erstaunen gesetzt, da jeder Funke im luftleeren Raum kräftiger und heller zu werden scheint — man denke nur an die Geißler'schen Röhren — während dieses durch enorm rasches Oscillieren erzeugte Fünkchen vom Luftdruck ganz unabhängig zu sein scheint. Ich werde am Schlusse des Vortrages den Apparat wieder in Thätigkeit setzen, so dass sämmtliche Anwesenden das Fünkchen aus größerer Nähe beobachten können. Trete ich zwischen die beiden Spiegel, so wird der elektrische Strahl absorbiert: mein Körper hält ja auch einen Lichtstrahl auf. Ebenso erlischt das Fünkchen, wenn ich einen Metallschirm hineingebe. Wenn ich aber

Digitized by Google

dieses Brett zwischen die Spiegel stelle, wird der elektrische Strahl dadurch gar nicht aufgehalten, während ein Lichtstrahl absorbiert würde. Das darf uns aber nicht wundern, da ja auch die Absorptionsfähigkeit der Licht- und Wärmestrahlen eine sehr verschiedene ist. Wir haben Substanzen, z. B. Glas, welche das Licht durchlassen, die ganz gleichen, jedoch langsamer schwingenden Wärmestrahlen aber aufhalten. Es wird daher zu erwarten sein, dass unsere elektrischen Schwingungen, welche denn doch immer noch viel langsamer als die Lichtschwingungen sind, in Bezug auf Absorption andere Verhältnisse zeigen als die Lichtstrahlen.

Noch einen Versuch will ich zeigen, auf dessen Erklärung ich mich aber hier nicht einlassen kann. Ich will dieselbe vielmehr nur andeuten. Sie haben gewiss gehört, dass man den Lichtstrahl polarisieren, d. h. ihn so herrichten kann, dass er durch bestimmte Krystalle, je nach der Stellung derselben, durchgeht oder nicht. Der elektrische Strahl, den wir hier haben, entspricht einem polarisierten Lichtstrahl, und dieser Holzrahmen, mit einer Reihe von parallelen Kupferdrähten bespannt, entspricht jenem Krystalle. Stelle ich diesen harfenartigen Rahmen so zwischen die Spiegel, dass die Drähte senkrecht stehen, so geht der elektrische Strahl nicht durch; das Fünkchen erlischt. Drehe ich aber den Rahmen so, dass die Drähte horizontal stehen, geht der elektrische Strahl wieder durch und das Fünkchen erscheint.

Hertz hat auch ein großes Prisma aus Schuster-

Digitized by Google

pech hergestellt und gezeigt, dass ein elektrischer Strahl durch denselben von seiner Richtung abgelenkt wird, ein Phänomen, welches wir beim Licht unter dem Namen „Brechung des Lichtes“ kennen.

Wenn wir das heute Gehörte zusammenfassen, so müssen wir zunächst noch einmal betonen, dass die Hertz'schen Arbeiten zu den schönsten gehören, welche seit langer Zeit auf unserem Gebiete gemacht wurden; der wichtigste Theil derselben, der Nachweis, dass eine Lichtschwingung und eine elektrische Schwingung sich mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt, bedarf allerdings noch mancher weiterer Stützen und wird sich noch gegen manchen Angriff zu vertheidigen haben, bevor man endgiltig die Identität von Licht und Elektricität wird aussprechen dürfen. Jedenfalls aber erscheinen uns die Versuche als eine glänzende experimentelle Darstellung der Maxwell'schen Theorie, und vielleicht ist die Zeit nicht mehr ferne, wo wir sagen können, sie seien der Beginn eines glänzenden experimentellen Beweises derselben.

Zum Schlusse möchte ich die anwesenden Herren Fachgenossen bitten, mich nicht der Oberflächlichkeit zu zeihen. Es ist die Darstellung eines so riesigen Gebietes in einer kurzen Stunde in logischer Consequenz eben nicht durchzuführen. Es war mir vielmehr darum zu thun, den anwesenden Freunden der Naturwissenschaften eine ungefähre Skizze von dem zu geben, was unter dem Schlagworte der „Hertz'schen Versuche“ auch in Nichtfachkreisen so allgemeines Aufsehen erregt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google